中華農業研究 (Jour. agric. Res. China) 30(2):89~98 (1981)

機插水稻之生育與生理研究

I. 氮素、葉綠素及非構造性碳水化合物之濃度變化[1]

陳建山　黃定鼎　劉大江[2]

摘要：爲了配合本省機插水稻之全面推廣，採用臺南5號（稉稻）與臺中秈5號（長秈稻）二水稻品種，按一般箱式育苗與機械栽培方式進行試驗，比較品種與期作間之移植苗質及移植後地上部不同器官之光合成產物累積與分佈，提供產量高低之說明。

試驗結果顯示期作間之苗質差異較品種間爲大，一期作機插秧苗之重／長與碳水化合物／全氮比值均大於二期作，亦即具有較優之苗質。

移植後葉片之葉綠素濃度，一期作在孕穗期，二期作在近最高分蘗期達到高峰，葉綠素在期作間之變化與非構造性碳水化合物之累積密切相關，但與葉片全氮濃度並不完全平行變化。

二期作稈部碳水化合物與葉綠素濃度在抽穗後減低遠甚於一期作，顯示轉運穗部之光合成產物來源不足，結果秈、稉稻在二期作之結實率與千粒重減低，但穗數在品種與期作間之差異均不顯著。

稉稻之葉綠素與氮素濃度高於秈稻，但秈稻稈部碳水化合物之累積速率與數量明顯大於稉稻，惟降低速率亦迅速，結果秈稻之千粒重遠低於稉稻，因此光合成產物之累積與轉運同具影響本省水稻在品種與期作間之產量差異，值得再作進一步之探討。

本省稻作栽培，因應節省勞力、增加收益及擴大農場經營面積之須要，至民國 68 年3月止，共設 427處育苗中心，動力插秧機使用率達51%，且預定三年後將逾 90%[8]；換言之，本省之稻作栽培將跨入機械化時代。但審視本省過去之稻作試驗，不論育種、栽培及生理等，幾乎均以手植方式爲主。依據星川[26,27]與木根[19]對機械化水稻栽培之研究，認爲育苗技術、生育生理及農場經營因種植方式之不同各有所宜，因此面對本省未來機插水稻之全面推廣，實應深入瞭解秧苗生理與改進栽培技術，本試驗乃爲部分研究之結果。

本省現有之機插水稻研究報告甚少，且均側重於秧苗培育與機械研製[6,10]，有關苗質及移植後稻株之生理變化，尚乏資料可詢，機插秧苗之葉齡爲3.2~3.5（稚苗），其生育生理狀態頗異於5.5~6.5 葉齡之手植秧苗（成苗）。因此試驗之首要目的，即欲瞭解期作與品種間之秧苗素質，而移植後稻株之生理，則着重於光合成產物之累積變化，因爲作物之乾物質累積，百分之九十以上來自光合成產物，因此，過去對影響光合作用之生理過程（physiological processes）與形態組成（morphological components）甚受重視研究[33]，有關本省二期稻作低產之原因，亦普遍針對光合作用速率[2]與光合成產物[4,43]之因素加以探討。光合成產物可因測定方法、供試品種及地區年度之不同，所得結果對低產原因之解釋亦異，尤其是碳水化合物濃度在生育階段之變化，各試驗報告[13,14,17]不很一致。有鑑於此，本試驗改採 Smith[35] [35]之 takadiastase 酵素測定碳水化合物法，並配合不同生育期之氮素與葉綠素濃度變化，作爲瞭解機插水稻產量在品種與期作間之比較依據。

---

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告 第 984 號。

2. 本所農藝系技士，技士，技正。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

材料與方法

試驗採用臺南 5 號與臺中秈 5 號二水稻品種，67 年一期作於 2 月 13 日播種，3 月 7 日以二行式動力插秧機移植本田；二期作於 7 月 9 日播種，8 月 2 日移植。各項試驗均在本所農場進行。

秧苗係採用 60×30×3 cm 之木製育苗箱培育，每箱施用硫銨—過磷酸石灰—氯化鉀三種肥料 8-8-4 g，二期作之氮肥用量減半。催芽後之稻種，經 1,000 倍烏斯普龍 (Uspulum) 消毒與水洗，以每箱 250 克播種量，按一般慣行箱式育苗法管理。

一、二期作水稻秧苗均於相近葉齡 (3.1～3.3) 移植，行株距爲 30×15 cm，小區面積 16×20 m，三重複，採用完全逢機區集設計。田間 N-P-K 三肥料要素用量爲 80-60-60 kg/ha，其中 N 之四分之一，P 全量與 K 之五分之二用爲基肥，剩餘之 N 與 K 肥，各分三次與二次用爲追肥。

水稻自移植日起，每間隔約 10 日取樣一次，每次於各試區採取 10 株以上水稻之地上部份，經立即測定葉片內葉綠素濃度後，將植株區分爲葉片、稈與葉鞘及穗三部份，置於 100°C 通風乾燥箱 1～2 小時後，再以 70°C 處理至完全乾燥。烘乾之水稻樣品，先經測定乾物重，再使用 40 目篩磨粉，密封貯存供化學分析用。成熟時並於每試區收穫 20 株水稻，供產量構成要素之調查。

葉綠素之定量，係先以 80% 丙酮萃取，再仿 Arnon [29] 法測定；全氮以 Semi-micro Kjeldahl 方法定量；非構造性碳水化合物則依照 Smith [35] 法，樣品所含之各種碳水化合物（不包括纖維素）先經 takadiastase ("Clarase 900" 或 "Clarase 40,000"，美國 Miles Laboratories Inc. 出品）水解，再以滴定法測定單醣之還原力而得。

結　果

移植秧苗之素質

採用箱式育苗法培育之秧苗，於 3.1—3.3 葉齡移植於本田之同時，經測定數種形態與生理特性

表1. 一、二期作機械移植水稻秧苗之生理特性比較

Table 1. Comparison on some natures of rice seedlings at transplanting between the first and second crop seasons

Cultivar	Crop Season	Leaf Age	(A) Dry Weight (g/200 plants)	(B) Plant Height (cm)	(C) TNC[a] (%)	(D) Nitrogen (%)	Chlorophyll (mg/g. f. w.)	A/B	C/D
Tainan No. 5	I	3.3	1.4 a[b]	7.4 a	18.6 a	2.75 a	1.71 a	0.19	6.7
	II	3.3	1.5 b	11.8 b	8.3 b	2.94 b	2.61 b	0.13	2.8
Taichung sen No. 5	I	3.2	1.6 c	8.4 a	17.1 c	3.15 c	1.89 c	0.19	5.4
	II	3.1	1.2 d	15.1 c	7.2 d	2.83 d	2.25 d	0.08	2.5

a. Total non-structural carbohydrates.

b. Means within columns followed by the same letter are not significantly different at p=0.05.

，示如表 1，結果顯示除一期作之苗長在品種間差異不顯著外，其餘之生理特性均顯示品種或期作間之差異。臺南 5 號秧苗在一期作之乾物重稍低於二期作，臺中秈 5 號之結果恰好相反；全氮與乾物重之變化相似。臺中秈 5 號之苗長顯著高於臺南 5 號，前者在期作間差異達 6.7 cm，後者達 4.4 cm，二期作均顯著高於一期作。非構造性碳水化合物 (TNC) 之濃度依不同期作或品種而異，臺南 5 號秧苗在一期作之濃度爲 18.6%，二期作爲 8.3%，臺中秈 5 號一期作爲 17.1%，二期作

爲 7.2% ，換言之，一期作之 TNC 濃度二倍於二期作。葉綠素方面，兩品種在二期作（2.25-2.61 mg/g. f. w.）顯著高於一期作（1.71-1.89 mg/g. f. w.）。綜合上述結果，二期作環境生長下之水稻秧苗，其 TNC/N 與苗重／苗長（0.08—0.13）二項比値均明顯低於一期作（分別爲 5.4—6.7 與 0.19），而臺南 5 號又稍高於臺中秈 5 號。歸納數種苗質之表現，期作間之差異大於品種間之差異。

生育全期之葉綠素濃度變化

機插水稻在移植後之葉片葉綠素濃度變化，示如圖1。兩品種在一期作之葉綠素濃度均自移植後

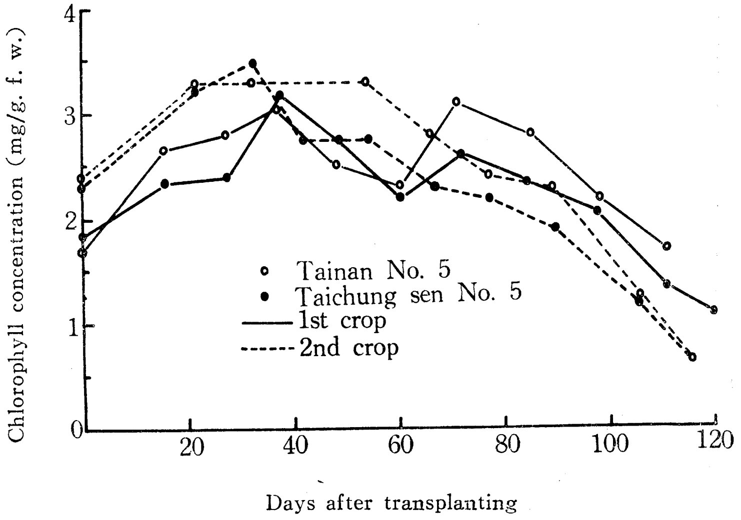

圖 1. 臺南 5 號與臺中秈 5 號在一、二期作生育全期之葉片葉綠素濃度變化

Fig. 1. Changes of chlorophyll concentration of Tainan No. 5 and Taichung sen No. 5 rice at successive growth stages in the first and second crop seasons of 1978.

立即昇高，至第 38 天(分蘗初期）出現第一個高峰（3.0-3.2 mg/g. f. w.），爾後稍降，至第 72 天（孕穗期）再度上升達另一濃度高峰（2.6-3.1 mg/g. f. w.），此後即緩緩降低至收穫爲止。二期作之葉綠素濃度亦於移植後立即上昇，但僅在移植後第 33 天達唯一之濃度高峰（3.2-3.5 mg/g. f. w.），其後除臺南 5 號尚維持 25 天之久外，立即降低至收穫爲止。二期作在近最高分蘗期前之葉綠素濃度高於一期作，自此之後反低於一期作，且二期作生育初期之葉綠素濃度昇高雖比一期作迅速，降低亦快。臺南 5 號在同期作生育各期之葉綠素濃度稍高於臺中秈 5 號。

生育全期之全氮濃度變化

機插水稻自移植後之地上部不同器官內氮素濃度變化，示於圖 2 。就葉片氮素濃度而言，二品種在一期作均自移植後第 15 天開始急速下降，至移植後第 76 天出現另一濃度高峰，此後除臺中秈 5 號尚維持 24 天之平穩濃度外，即下降至收穫爲止。二期作之變化與一期作之趨勢相似，但臺南 5 號在移植後 53 天內之葉部氮素濃度低於一期作，此後則高於一期作。臺南 5 號在同期作生育各期之葉片濃度稍高於臺中秈 5 號。

稈部氮素濃度在一、二期作之變化，與葉部之結果相近，亦即生育初期已達最高濃度，爾後隨生育日數之增加而降低。稈部氮素在二期作移植後第 40 天內低於一期作， 40 至 66 天之間稍高於一期作， 65 至 100 天之間，以一期作爲高，自此之後，二期作反爲高，臺南 5 號稈部氮素在移植後 65 天之前明顯高於臺中秈 5 號，其後差異不顯著，尤以一期之結果爲然。

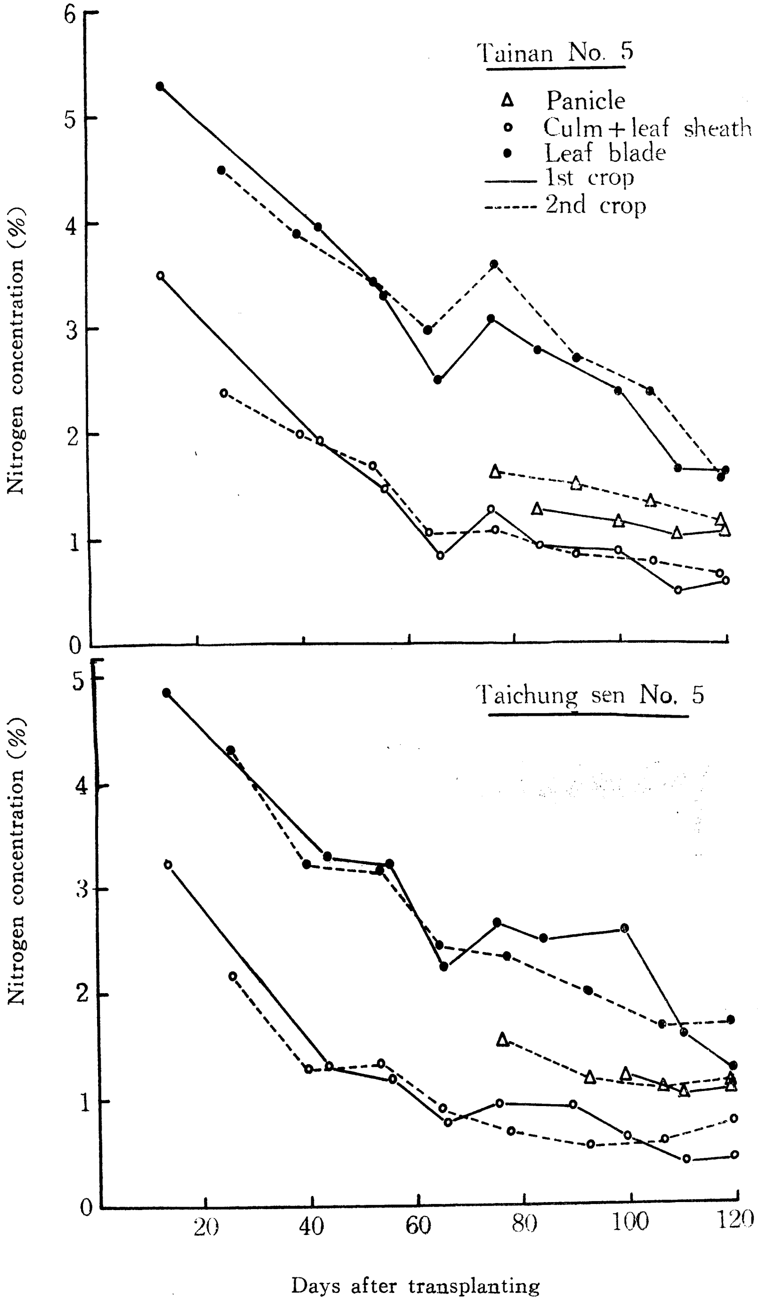

圖 2. 臺南5號與臺中秈5號水稻之葉片，稈部（包含葉鞘）及穗部全氮濃度在一、二期作生育全期之變化

Fig. 2. Concentration of N (%, dry weight basis) of leaf, culm and panicle fractions of Tainan No. 5 and Taichung sen No. 5 rice at stages of development in the first and second crop seasons of 1978.

穗部氮素濃度自抽穗期之後，隨成熟度之增進而減低，一、二期作之變化趨勢相似。臺南 5 號在一期作之穗部氮素濃度，連續低於二期作，臺中秈 5 號亦顯示與臺南 5 號相同之變化趨勢。兩供試品種之穗部氮素濃度在近 1.5 % 範圍變動，品種間之差異並不明顯。

生育全期之非構造性碳水化合物（TNC）濃度變化

由圖3 顯示之結果可知，兩供試水稻品種在一、二期作之葉部內 TNC 濃度，僅在移植後 50 天前高於 5 %，其後均在 5 %上下；全生育期之變化較小，品種與期作之比較不易顯示一定趨勢之差

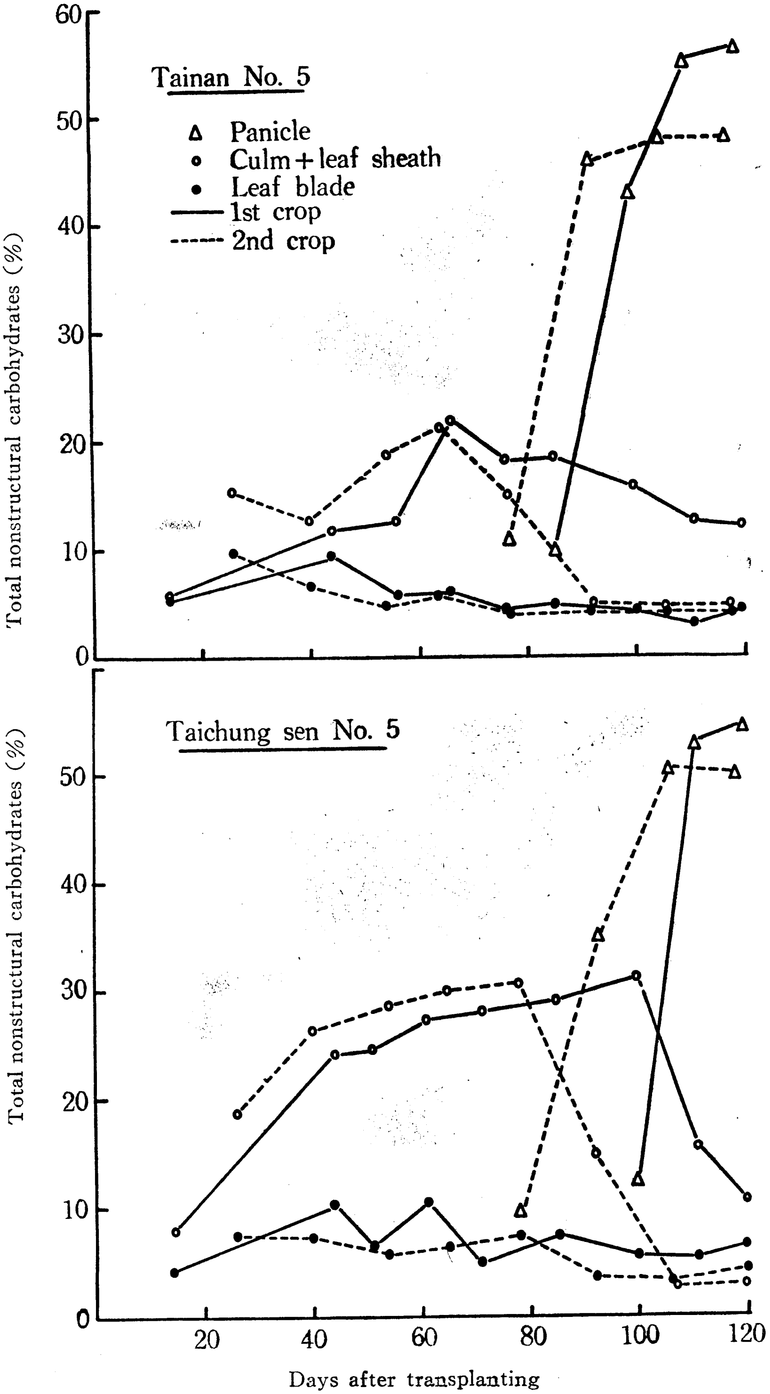

圖 3. 臺南 5 號與臺中和 5 號水稻之葉片，稈部（包含葉鞘）及穗部非構造性碳水化合物濃度在一、二期作生育全期之變化

Fig. 3. TNC concentration(%, dry weight basis) of leaf, culm and panicle fractions of Tainan No. 5 and Taichung sen No. 5 rice at stages of development in the first and second crop seasons of 1978.

異，惟亦可見臺中秈 5 號之葉內 TNC 濃度在二期作抽穗之後低於一期作。品種間之差異因生育階段與期作之不同，顯示之高低差異不很一致。

臺南 5 號稈部之 TNC 濃度，一期作在移植後逐漸增加，至第 66 天達到高峰 (21.9%)，此後緩慢減低，收穫時爲 12.5%。臺中秈 5 號之稈部 TNC 濃度在一期作之變化趨勢與臺南 5 號相似，惟在移植後第 44 天已達 24.6%，且再繼續上昇，至移植後 100 天達 31.7%。臺南 5 號二期作稈部 TNC 濃度，在移植後 64 天前高於一期作，至第 64 天達 21.4% 之最高濃度，此後急遽減低，至收穫時僅爲 5%。臺中秈 5 號於二期作之稈部最高濃度可達 31.7%，同期作之比較，均超過臺南 5 號之最高濃度達 10%。臺中秈 5 號在濃度高峰前，稈部 TNC 之累積速率高於臺南 5 號，但其後減低亦快。臺南 5 號在同一生育期之稈部 TNC 濃度明顯低於臺中秈 5 號，一、二期作之結果相同。

當稈部之 TNC 濃度開始降低時，穗部之 TNC 開始急遽累積，兩供試品種在一、二期作之結果一致。一期作臺南 5 號在抽穗期之穗部 TNC 濃度爲 9.8%，15 天後達 42.9%，至 26 天後達 55.3%；臺中秈 5 號在抽穗期濃度爲 12.6%，11 天後已達 52.9%，21 天後達 54.5%。二期作臺南 5 號在抽穗期之 TNC 濃度爲 10.7%，15 天後已達 45.9%，31 天後爲 47.9%；臺中秈 5 號在抽穗期爲 10.1%，15 天後爲 36.6%，31 天後達 48.5%。由上述結果顯示，期作與品種不同，穗部內 TNC 之累積速率與期間亦異。品種間之穗部 TNC 濃度差異，因採樣間隔稍長，不易淸楚比較，不過由結果亦可顯示臺南 5 號在二期作之累積速率比臺中秈 5 號迅速，惟一期作之結果恰好相反。收穫時穗部內之 TNC 濃度，兩品種均以二期作爲低。

產量構成要素

機插水稻收穫之四個產量構成要素示於表 2。兩供試品種之穗數在品種或期作間之差異均不顯著；臺中秈 5 號在二期作之平均一穗穎花數高達 121.1，明顯超過同品種不同期作 (99.7) 或不同品種不同期作 (89.0～93.0) 之穎花數。千粒重與結實率方面，亦以一期作爲優，品種間之比較，則

表 2.　一、二期作機插水稻之產量構成要素比較

Table 2. Comparison on the yield components of machine-transplanted ricebbetween the first and second crop seasons

Cultivar	Crop Season	Number of Panicles per Hill	Number of Spikelets per Panicle	1000-grain Weight (g)	Ripened Grain (%)
Tainan No. 5	I	16.7 a	93.0 a	23.1 a	92.5 a
	II	17.4 a	89.0 a	20.6 b	65.4 b
Taichung sen No. 5	I	15.8 a	99.7 a	21.5 ab	95.3 a
	II	16.4 a	121.0 b	17.5 c	70.5 b

結實率在兩期作均無差異，但第二期作臺南 5 號之千粒重顯著超過臺中秈 5 號。綜合上述結果，二期作機插水稻產量不如一期作係千粒重與結實率降低所致，穗數與每穗穎花數在期作間之表現相似。

討　論

本省在一期作之育苗期適逢低溫弱日照，二期作則爲高溫强日照，在迥異之氣象條件下，採用育苗箱培育之機插秧苗素質，由試驗結果 (表 1) 顯示因品種與期作而異。秈稉稻在相近之移植葉齡，秈稻苗長比稉稻多 1～4 cm，除此之外，兩品種秧苗之其他性狀在同一期作相似，換言之，苗質受期作間之氣象條件影響至鉅。二期作秧苗之乾物重／苗長與 TNC/N 比值低於一期作，亦即一期作之

苗長太短，而二期作之碳水化合物濃度偏低。根據香山[28]對水稻育苗技術之研究，可由乾物重／苗長與碳／氮比值表示苗質之優劣；佐本[23]認爲秧苗內碳水化合物濃度高低與分蘖數多寡呈正相關。本省在一期作之機挿秧苗，與星川[26]選定 3.2 葉齡與 12～15 cm 苗長之標準尚有差距，但苗質仍優於二期作。二期作秧苗之低碳水化合物濃度，實際並未造成品種與期作間之穗數差異，可能是因爲機挿水稻採用寬行密植（30×15cm）與多本植（6～8支）之栽培方式所致，亦即石井等[21]所稱株內競爭大於株間競爭。另外根據片山[22]之水稻分蘖規則與曾[15]之實際研究，機挿之移植葉齡比手植爲低，開始分蘖節位亦會降低，因而增加分蘖數；過去本省手植稉稻之穗數減少被認爲是二期作低產主因之一[12,16]，現改採機挿方式則可改善是項缺點，本試驗結果亦顯示品種或期作間之穗數差異不顯著（表2）。但機挿水稻也因移植葉齡之降低而延長生育日數，在二期作可能更容易遭逢低溫與弱日照。因此機挿水稻雖然具有（1）作業共同化，（2）省時省力與（3）比手植增產等諸多優點，但針對上述存在之缺陷，有待改進培育適期適長適齡之秧苗。

爲了進一步瞭解機挿水稻移植後之光合成產物累積與分佈，首應瞭解進行光合作用器官之生理變化。兩供試品種在一期作之最高葉綠素濃度出現於孕穗期，二期作則在近最高分蘖期（圖1）。而二期作之葉綠素在移植後 60 天前高於一期作，其後恰好相反，非構造性碳水化合物亦於期作間顯示相似變化（圖3）；換言之，期作間光合成產物累積可能與葉綠素有密切相關。林等[2]指出臺北地區之水稻葉綠素濃度與光合作用能力在期作間之密切變化，坂齊[24]亦證實水稻葉綠素及可溶性蛋白（soluble protein）濃度均與 CO_2 固定酵素 RuDP carboxylase 含量呈正相關。但陳等[14]發現臺中 65 號在二期作之葉綠素高峰出現於孕穗期，且其後尚可繼續增加，暗示二期作生長後期的光合成能力仍極旺盛，與林等[3]及本試驗之結果迴異。推究原因，是否因爲供試品種，年度地區及測定方法不同所致，有待確定。葉綠素之濃度變化現已被引用爲作物老化之指標之一[32,34]，本省各地區之稻作生長氣象差異甚大，地區與期作間之葉綠素濃度變化亦有不同，因此如何闡釋水稻植株老化與光合成物質生成間之關係，值得做進一步之探討。

過去本省有關水稻全氮之研究，均以地上部全株爲測定單位[1,5,17]，然稻株係由不同之功能單位（functional unit）構成，顯具供源（source）與貯蓄（sink）之差別，因此試驗乃將地上部區分爲葉片、稈部（包含葉鞘）及穗部，結果顯示因器官之不同，氮素濃度差異很大（圖2）。葉部在生育全期之變化極大，稈部與穗部變化較小，恰與非構造性碳水化合物之情形相反（圖3）；與戶苅[20]等之結果相同。葉部與稈部之氮素濃度在一、二期作之生育初期最高，與邱等[1]及洪等[7]之結果相同。葉片氮素在期作間之變化與葉綠素呈相反之趨勢；亦即二期作葉綠素在生育前期高時，氮素濃度反低，而在抽穗期之後之氮素與一期作相當或略高，此時之葉綠素濃度則已低於一期作，與折谷等[25]報告氮素與葉綠素濃度呈正相關之結果並不符合，推究原因，是否由於氮素代謝、存在形態及轉運等因素造成，尚未確定。此外，兩供試品種在二期作之穗部氮素高於一期作，似可解釋爲（1）一期作之穗部累積碳水化合物濃度高於二期作，因而產生較大之稀釋作用，（2）二期作轉移至穗部氮素多於一期作。由試驗結果得知二期作之穗部碳水化合物累積顯著低於一期作，似以前項之解釋較爲合理，惟期作間之氣溫與日照對氮素吸收與轉運之影響，亦值得一併考慮。

兩供試水稻品種在一、二期作之碳水化合物變化，均顯示當稈部 TNC 濃度降低時，穗內 TNC 急遽累積，而此時葉部幾無變化（圖3），與戶苅等[20]及 Cock 等[31]之試驗結果一致。秈稻稈部之 TNC 最高濃度在一、二期作顯著高於稉稻，最大差異達 10 %，顯示秈稻在營養生長期有較多量之光合成產物自稈部轉流至穗部，結果亦顯示秈稻穗部之初期碳水化合物累積速率高於稉稻，但秈稻稈部在達最高 TNC 濃度後之降低亦迅速，且在二期作抽穗後之葉綠素濃度顯著低於一期作，表示葉部之光合作用速率降低，因此能够移蓄穗部之碳水化合物來源不足。林等[3]在臺北地區之試驗，認爲成熟期之低溫與寡日照對二期作水稻之同化物轉流有阻礙作用，陳等[11]與許[9]亦得水稻生育後期之低溫致使葉綠素濃度與結實率減低之結果。本省二期稻作之結實率減低，成熟期之光合成產物

來源不足與同化物轉流阻礙似均爲可能原因，依據謝[18]之見解，認爲二期稻作生育前期在高溫下生長，耗損多量養分，導致預存養分降低而使結實率與穎花數減少，然由本試驗之結果顯示，兩品種在二期作之千粒重與結實率雖比一期作低，但二期作秈稻之平均一穗穎花數反比一期作多（表 2），另比較孕穗期之稈部 TNC 濃度，並無顯著差異，陳等[30]亦得相同之結論，有鑑於此，今後對於本省一、二期產量之提高，由光合成產物累積與分配的觀點，一期作似應着重於孕穗期之後，二期作似應着重於最高分蘖期之後光合作用能力維持；粳稻似宜提高營養生長期稈部碳水化合物濃度，秈稻宜在抽穗後之葉部減少老化，而品種在期作間之氣象環境適應力，亦可限制產量潛力之表現，另因年度與地區之不同，致使所得結論迥異，尚須再深入印證與探討。

誌謝：本試驗承沈美珍小姐協助化學分析，劉清博士與何惠技士協助統計分析，謹致謝意。

引用文獻

1. 邱再發、李蘭帝、陳佩蘭、林森岷．1963．臺灣水稻之養分吸收之研究．第四報 第一期作與第二期作之水稻營養之比較研究．農業研究 12(4)：28-41。
2. 林安秋、蘇新．1976．第二期稻作低產原因之研究．Ⅱ.一、二期水稻羣落光合作用之比較．科學發展 4 (11)：5-21。
3. 林安秋、談嘉俊．1979．第二期稻作低產原因之研究．5.本省北部地區第一、二期作水稻之 ^{14}C 一同化物質轉運與分配之比較研究。中華農學會報 107：25-35。
4. 林美麟、戴國興．1979．屏東地區一、二期稻作光合成物質聚積之變化及其稻穗成長過程之比較．科學發展 7 (4)：394-400。
5. 林鴻淇、張則周．1978．溫度與日照對水稻生育及營養之影響．三. 溫度與日照對水稻氮素之吸收及轉運之影響．中國農業化學會誌 16(3,4)：170-181。
6. 洪汝煌、李祿豐．1976．水稻保溫室育苗與機械插秧對稻米產量之研究．臺灣農業 12(1)：40-62。
7. 洪崑煌、劉天斌、魏金塗、陳振鐸．1970．水稻生長期間各部位養分含量之變化．I. 氮素之分布．中國農業化學會誌 8(3,4)：55-61。
8. 許金松．1979．臺灣農業機械化成果與展望．臺灣農業 15(2)：77-83。
9. 許東暉．1976．臺灣北部二期稻作低產原因之研究—生長後期溫度對不同類型品種生育及產量之影響．科學發展 4(12)：5—8。
10. 張學琨、曾勝雄、林寶鑫．1974．水稻動力插秧機育苗方法綜合研究．臺灣農業 10(1)：21-40。
11. 陳建山、劉大江．1979．溫度對直播水稻分蘖特性與成熟生理之影響．中華農業研究 28(3)：199-206。
12. 陳建山．1979．第一、二期作水稻之分蘖特性比較．行政院國家科學委員會研討會專集 2：61-74。
13. 陳雪貞、陳清義．1975．臺灣水稻生理特性之研究．第 3 報 第一、二期作水稻地上部之糖、澱粉含量之消長及產糖率之品種間差異．國立中興大學理工學報 12：273-284。
14. 陳清義、蔡承良．1977．臺灣水稻生理特性之 1、2 研究．中華農學會報 98：19-32。
15. 曾美倉．1969．降低分蘖節位對水稻生育及產量之影響．國立臺灣大學農藝研究所碩士論文。
16. 鄔宏潘等．1975．第二期稻作低產原因之探討．科學發展 3(10)：5-39。
17. 戴國興．1978．高屏地區第二期作水稻低產之改進．Ⅱ.二期稻作延遲播種期之生理反應．中華農學會報 102：24-41。
18. 謝昱暐．1978．水稻羣落的乾物質生產．中央研究院專刊 2：29-38。
19. 木根淵、旨光．1974．機械化稚苗稻作技術と營農．東京農業圖書株式會社。
20. 戶苅義次、岡本嘉、玖村敦彥．1963．水稻に於ける碳水化合物の生產及び行動に關する研究．第 1 報 生育に伴う諸器官中の主要成分含量の推移．日作紀 22(3,4)：95-97。
21. 石井龍一、角田公正、町田寬康．1972．作物の生育收量に及ぼす栽植の不均一性の影響に關する研究．第 2 報 1 株植付苗數の不均一な水稻個體羣における株間補償と個體間競爭．日作紀 41：57-62。

22. 片山佃・1951・稻麥の分蘗研究・東京養賢堂。
23. 佐本啓智、杉本勝男、宇田昌義、鈴木嘉一郎・1958・水稻早期栽培の穗數增加について考察・日作紀 27(2)：182-184。
24. 坂齊・1977・イネの生育に伴なう葉の RuDP カルボキシラーゼ活性葉綠素含量の消長とそれらの相互關係について・日作紀 46(2)：164-170。
25. 折谷隆志、丹佛利康、葭田隆治・1979・作物の窒素代謝に關する研究・第16報 水稻各品種における光合成、葉面生長とN代謝との關係・日作紀 48(1)：10-16。
26. 星川清流・1971・田植機イナ作 稚苗の生理と育苗技術・東京農山漁村文化協會。
27. 星川清流・1977・稚苗、中苗の生理と技術・東京農山漁村文化協會（第五版）。
28. 香山俊秋・1962・水稻の育苗技術・朝倉書局。
29. Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in *Beta Vulgaris*. Plant Physoil. 24：1-15.
30. Chen, C. S., D. D. Huang, M. C. Shen and D. J. Liu. 1980. Carbohydrates, N, P. and K status of developing rice (*Oryza Sativa* L.) plants grown in the first and second crop seasons in Taiwan. Jour. Agric. Res. China 29(2)：81—92.
31. Cock, J. H. and S. Yoshida. 1972. Accumulation of ^{14}C-labelled carbohydrate before flowering and its subsequent redistribution and respiration in the rice plant. Proc. Crop Sci. Japan 41：226-234.
32. Kao, C. H. 1977. Senescence of rice leaves. 1. Comparison between detached and intact leaves. Memoins of the college of Agri., N. T. U. 17：12-18.
33. Moss, D. N. and R. B. Musgrave. 1971. Photosynthesis and crop production. Advance in agronomy 23：317-336.
34. Sigh, N. and D. Mishira. 1975. The effect of benzimidazole and red light on the senescence of detached leaves of *Oryza Sativa* CV. Tatna. Physiol. Plant. 34：67-74.
35. Smith, D. 1969. Removing and analyzing of total nonstructural carbohydrates from plant tissues. Wis. Agr. Exp. Sta. Rep. 41.

Physiological studies of machine-transplanted rice

I. Changes in concentrations of nitrogen, chlorophyll and total non-structural carbohydrates[1]

Chein Shan Chen, Ding Ding Huang and Dah Jiang Liu[2]

Summary

Experiments were conducted in the first and second crop seasons of 1978 to study the seedling quality and the changing patterns of N, total non-structural carbohydrates (TNC) and chlorophyll concentrations throughout the growth course of machine-transplanted rice.

Differences in seedling quality were more significant between crop seasons than between varieties at the leaf ages of 3.1 to 3.3. Seedlings raised in the first crop possessed high ratios of dry weight/height and TNC/N than those of the second crop.

Nitrogen conentration in leaf blades was higher in Tainan No. 5 (japonica) than in Taichung sen No. 5 (indica) rice. TNC accumulation in culms before heading was more pronounced in the indica variety; however, the subsequent decline during grain-filling was also faster as compared with the japonica rice Tainan No. 5.

Highest chlorophyll concentration was recorded at booting stage in the first crop and at maximum tillering stage in the second crop rice. Changes in concentrations of chlorophyll and TNC were parallel to each other in both seasons. The marked decreases in levels of TNC and chlorophyll after heading, along with the lower ripened-grain percentage and 1000-grain weight, suggested insufficient supply of photosynthetic assimilates in the second crop rice.

1. Contribution No. 894 from Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Respectively, Agronomist, Plant Physiologist and Senior Plant Physiologist, Department of Agronomy, TARI. Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 431, ROC.